

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE  
COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL  
APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

To:

MÜNICH, Wilhelm  
Münich & Kollegen  
Wilhelm-Mayr-Strasse 11  
D-80689 München  
ALLEMAGNE

GEINGEGANGEN  
09. März 2001  
Dr. MÜNICH & KOLLEGEN

Date of mailing (day/month/year) 01 March 2001 (01.03.01)		
Applicant's or agent's file reference AI 99/02 PCT		IMPORTANT NOTICE
International application No. PCT/DE00/02890	International filing date (day/month/year) 24 August 2000 (24.08.00)	Priority date (day/month/year) 24 August 1999 (24.08.99)
Applicant AIXTRON AG et al		

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:

KR,US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:

CN,EP,JP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 01 March 2001 (01.03.01) under No. WO 01/14619

REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer  J. Zahra
Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Telephone No. (41-22) 338.83.38



Continuation of Form PCT/IB/308

NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF  
THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

Date of mailing (day/month/year) 01 March 2001 (01.03.01)	IMPORTANT NOTICE
Applicant's or agent's file reference AI 99/02 PCT	International application No. PCT/DE00/02890

The applicant is hereby notified that, at the time of establishment of this Notice, the time limit under Rule 46.1 for making amendments under Article 19 has not yet expired and the International Bureau had received neither such amendments nor a declaration that the applicant does not wish to make amendments.

EINGEGANGEN
09. März 2001
Attorney for Dr. MÜNICH & KOLLEGEN



Kaeppeler

Der Antrag ist bei der zuständigen mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde oder, wenn zwei oder mehr Behörden zuständig sind, bei der vom Anmelder gewählten Behörde einzureichen. Der Anmelder kann den Namen oder den Zweibuchstaben-Code der Behörde auf der nachstehenden Zeile angeben.

IPEA/

PCT

KAPITEL II

## ANTRAG AUF INTERNATIONALE VORLÄUFIGE PRÜFUNG

nach Artikel 31 des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens:  
Der (die) Unterzeichnete(n) beantragt (beantragen), daß für die nachstehend bezeichnete internationale Anmeldung die internationale vorläufige Prüfung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens durchgeführt wird und benennt hiermit als ausgewählte Staaten alle auswählbaren Staaten (soweit nichts anderes angegeben).

Von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde auszufüllen

Bezeichnung der IPEA	Eingangsdatum des ANTRAGS
----------------------	---------------------------

<b>Feld Nr. I KENNZEICHNUNG DER INTERNATIONALEN ANMELDUNG</b>		Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts AI 99/02 PCT
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/02890	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 24.08.2000	(Frühester) Prioritätstag (Tag/Monat/Jahr) 24.08.1999
Bezeichnung der Erfindung Verfahren und Vorrichtung zur Abscheidung von Materialien mit großer elektronischer Bandlücke und großer Bindungsenergie		
<b>Feld Nr. II ANMELDER</b>		
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)  Aixtron AG Kackertstraße 15 - 17 D-52072 Aachen DE		Telefonnr.:  Telefaxnr.:  Fernschreibnr.:
Staatsangehörigkeit (Staat): DE	Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE	
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.) KAEPPELER, Johannes Zeisigweg 47 D-52146 Würselen DE		
Staatsangehörigkeit (Staat): DE	Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE	
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.) WISCHMEYER, Frank Am Rosenhügel 26 D-52072 Aachen DE		
Staatsangehörigkeit (Staat): DE	Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Anmelder sind auf einem Fortsetzungsblatt angegeben.		



## Fortsetzung von Feld Nr. II ANMELDER

Wird keines der folgenden Felder benutzt, so sollte dieses Blatt dem Antrag nicht beigelegt werden.

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)

STRAUCH Gert  
Schönauer Friede 80  
D-52072 Aachen  
DE

Staatsangehörigkeit (Staat): DE

Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)

JÜRGENSEN Holger  
Rathausstraße 43d  
D-52072 Aachen  
DE

Staatsangehörigkeit (Staat): DE

Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)

Staatsangehörigkeit (Staat):

Sitz oder Wohnsitz (Staat):

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)

Staatsangehörigkeit (Staat):

Sitz oder Wohnsitz (Staat):

☐ Weitere Anmelder sind auf einem zusätzlichen Fortsetzungsblatt angegeben.





**Feld Nr. III ANWALT ODER GEMEINSAMER VERTRETER; ODER ZUSTELLANSCHRIFT**

- Die folgende Person ist ☒ Anwalt ☐ gemeinsamer Vertreter  
 und ☒ ist vom (von den) Anmelder(n) bereits früher bestellt worden und vertritt ihn (sie) auch für die internationale vorläufige Prüfung.  
☐ wird hiermit bestellt; eine etwaige frühere Bestellung eines Anwalts/gemeinsamen Vertreters wird hiermit widerrufen.  
☐ wird hiermit zusätzlich zu dem bereits früher bestellten Anwalt/gemeinsamen Vertreter, nur für das Verfahren vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde bestellt.

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname: bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)

MÜNICH Wilhelm  
 c/o Kanzlei DR. MÜNICH & KOLLEGEN  
 Wilhelm-Mayr-Str. 11  
 D-80689 München  
 DE

Telefonnr.:

089/546 700-0

Telefaxnr.:

089/546 700-49 od. -99

Fernschreibnr.:

- ☐ **Zustellanschrift:** Dieses Kästchen ist anzukreuzen, wenn kein Anwalt oder gemeinsamer Vertreter bestellt ist und statt dessen im obigen Feld eine spezielle Zustellanschrift angegeben wird.

**Feld Nr. IV GRUNDLAGE DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN PRÜFUNG****Erklärung betreffend Änderungen:\***

- Der Anmelder wünscht, daß die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage ☒ der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung der Beschreibung ☐ in der ursprünglich eingereichten Fassung ☐ unter Berücksichtigung der Änderungen nach Artikel 34  
 der Patentansprüche ☐ in der ursprünglich eingereichten Fassung ☐ unter Berücksichtigung der Änderungen nach Artikel 19 (ggf. zusammen mit Begleitschreiben) ☐ unter Berücksichtigung der Änderungen nach Artikel 34  
 der Zeichnungen ☐ in der ursprünglich eingereichten Fassung ☐ unter Berücksichtigung der Änderungen nach Artikel 34 aufgenommen wird.
  - ☐ Der Anmelder wünscht, daß jegliche nach Artikel 19 eingereichte Änderung der Ansprüche als überholt angesehen wird.
  - ☐ Der Anmelder wünscht, daß der Beginn der internationalen vorläufigen Prüfung bis zum Ablauf von 20 Monaten ab dem Prioritätsdatum aufgeschoben wird, sofern die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde nicht eine Kopie nach Artikel 19 vorgenommener Änderungen oder eine Erklärung des Anmelders erhält, daß er keine solchen Änderungen vornehmen will (Regel 69.1 Absatz d). (Dieses Kästchen darf nur angekreuzt werden, wenn die Frist nach Artikel 19 noch nicht abgelaufen ist.)
- \* Wenn kein Kästchen angekreuzt wird, wird mit der internationalen vorläufigen Prüfung auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung begonnen; wenn eine Kopie der Änderungen der Ansprüche nach Artikel 19 und/oder Änderungen der internationalen Anmeldung nach Artikel 34 bei der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde eingeht, bevor diese mit der Erstellung eines schriftlichen Bescheids oder des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts begonnen hat, wird jedoch die geänderte Fassung verwendet.

**Sprache für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung:** ..... DE .....

- ☒ dies ist die Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht wurde.  
☐ dies ist die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht wurde.  
☐ dies ist die Sprache der Veröffentlichung der internationalen Anmeldung.  
☐ dies ist die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht wurde/wird.

**Feld Nr. V BENENNUNG VON STAATEN ALS AUSGEWÄHLTE STAATEN**

Der Anmelder benennt hiermit als ausgewählte Staaten alle auswählbaren Staaten (das heißt, alle Staaten, die bestimmt wurden und durch Kapitel II gebunden sind) mit Ausnahme der folgenden Staaten, die der Anmelder nicht benennen möchte:



# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>AI 99/02 PCT</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5		
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/DE 00/ 02890</b>	<table border="1"> <tr> <td>Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>24/08/2000</b></td> <td>(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>24/08/1999</b></td> </tr> </table>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>24/08/2000</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>24/08/1999</b>
Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>24/08/2000</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>24/08/1999</b>		
Anmelder <b>AIXTRON AG et al.</b>			

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

#### 1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

#### 4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

#### 5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. \_\_\_\_\_

☐ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☒ keine der Abb.



# INTERNATIONALE RESEARCHENBERICHT

nales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02890

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C30B25/02 C30B29/36 C30B25/12 C30B25/10 C30B25/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C30B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 788 777 A (BURK JR ALBERT A) 4. August 1998 (1998-08-04) das ganze Dokument	1-4, 8, 9, 14
X	EP 0 748 881 A (EBARA CORP) 18. Dezember 1996 (1996-12-18)	15, 21, 22, 26
Y	Anspruch 1	1-4, 8, 9, 14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 02, 31. März 1995 (1995-03-31) & JP 06 310440 A (FUJI ELECTRIC CO LTD), 4. November 1994 (1994-11-04) Zusammenfassung	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. Januar 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

05/02/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Cook, S

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 97 31133 A (ABB RESEARCH LTD ;NILSSON ROGER (SE); BERGE RUNE (SE); KORDINA OLL) 28. August 1997 (1997-08-28) das ganze Dokument ---	1,15
A	US 5 743 956 A (MAYUZUMI MASANORI ET AL) 28. April 1998 (1998-04-28) Abbildungen 1-4 ---	15,21,25
A	DE 195 22 574 A (AIXTRON GMBH) 18. Januar 1996 (1996-01-18) in der Anmeldung erwähnt ---	
A	DE 198 03 423 A (SIEMENS AG) 12. August 1999 (1999-08-12) Ansprüche 1,7 ---	15,31
A	DE 36 08 783 A (TELEFUNKEN ELECTRONIC GMBH) 17. September 1987 (1987-09-17) ---	
A	WO 98 42897 A (CREE RESEARCH INC ;KONG HUA SHUANG (US); CARTER CALVIN JR (US); SU) 1. Oktober 1998 (1998-10-01) Seite 8, Zeile 11 - Zeile 19; Abbildung 6 ---	1,15
A	WO 96 23914 A (ABB RESEARCH LTD ;NORDELL NILS (SE); ANDERSSON GUNNAR (SE)) 8. August 1996 (1996-08-08) das ganze Dokument -----	1,15

# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02890

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5788777	A	04-08-1998	KEINE		
EP 0748881	A	18-12-1996	JP	9003648 A	07-01-1997
			JP	9003649 A	07-01-1997
			JP	9003650 A	07-01-1997
			US	6022413 A	08-02-2000
JP 06310440	A	04-11-1994	KEINE		
WO 9731133	A	28-08-1997	US	5695567 A	09-12-1997
			EP	0956376 A	17-11-1999
			JP	2000505410 T	09-05-2000
US 5743956	A	28-04-1998	JP	9007953 A	10-01-1997
DE 19522574	A	18-01-1996	WO	9600314 A	04-01-1996
			EP	0763148 A	19-03-1997
DE 19803423	A	12-08-1999	WO	9939022 A	05-08-1999
			EP	1051535 A	15-11-2000
DE 3608783	A	17-09-1987	KEINE		
WO 9842897	A	01-10-1998	AU	6572698 A	20-10-1998
			CN	1250490 T	12-04-2000
			EP	0970267 A	12-01-2000
WO 9623914	A	08-08-1996	KEINE		





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/02890

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 C30B25/02 C30B29/36 C30B25/12 C30B25/10 C30B25/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C30B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 788 777 A (BURK JR ALBERT A) 4 August 1998 (1998-08-04) the whole document ---	1-4, 8, 9, 14
X	EP 0 748 881 A (EBARA CORP) 18 December 1996 (1996-12-18)	15, 21, 22, 26
Y	claim 1	1-4, 8, 9, 14
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 02, 31 March 1995 (1995-03-31) & JP 06 310440 A (FUJI ELECTRIC CO LTD), 4 November 1994 (1994-11-04) abstract --- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 January 2001

Date of mailing of the international search report

05/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cook, S

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/02890

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 97 31133 A (ABB RESEARCH LTD ;NILSSON ROGER (SE); BERGE RUNE (SE); KORDINA OLL) 28 August 1997 (1997-08-28) the whole document ---	1,15
A	US 5 743 956 A (MAYUZUMI MASANORI ET AL) 28 April 1998 (1998-04-28) figures 1-4 ---	15,21,25
A	DE 195 22 574 A (AIXTRON GMBH) 18 January 1996 (1996-01-18) cited in the application ---	
A	DE 198 03 423 A (SIEMENS AG) 12 August 1999 (1999-08-12) claims 1,7 ---	15,31
A	DE 36 08 783 A (TELEFUNKEN ELECTRONIC GMBH) 17 September 1987 (1987-09-17) ---	
A	WO 98 42897 A (CREE RESEARCH INC ;KONG HUA SHUANG (US); CARTER CALVIN JR (US); SU) 1 October 1998 (1998-10-01) page 8, line 11 - line 19; figure 6 ---	1,15
A	WO 96 23914 A (ABB RESEARCH LTD ;NORDELL NILS (SE); ANDERSSON GUNNAR (SE)) 8 August 1996 (1996-08-08) the whole document -----	1,15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/02890

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5788777	A	04-08-1998	NONE	
EP 0748881	A	18-12-1996	JP 9003648 A	07-01-1997
			JP 9003649 A	07-01-1997
			JP 9003650 A	07-01-1997
			US 6022413 A	08-02-2000
JP 06310440	A	04-11-1994	NONE	
WO 9731133	A	28-08-1997	US 5695567 A	09-12-1997
			EP 0956376 A	17-11-1999
			JP 2000505410 T	09-05-2000
US 5743956	A	28-04-1998	JP 9007953 A	10-01-1997
DE 19522574	A	18-01-1996	WO 9600314 A	04-01-1996
			EP 0763148 A	19-03-1997
DE 19803423	A	12-08-1999	WO 9939022 A	05-08-1999
			EP 1051535 A	15-11-2000
DE 3608783	A	17-09-1987	NONE	
WO 9842897	A	01-10-1998	AU 6572698 A	20-10-1998
			CN 1250490 T	12-04-2000
			EP 0970267 A	12-01-2000
WO 9623914	A	08-08-1996	NONE	



## TENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner  
 US Department of Commerce  
 United States Patent and Trademark  
 Office, PCT  
 2011 South Clark Place Room  
 CP2/5C24  
 Arlington, VA 22202  
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE  
 in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 06 July 2001 (06.07.01)	
International application No. PCT/DE00/02890	Applicant's or agent's file reference AI 99/02 PCT
International filing date (day/month/year) 24 August 2000 (24.08.00)	Priority date (day/month/year) 24 August 1999 (24.08.99)
Applicant KAEPELER, Johannes et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:  
21 February 2001 (21.02.01)

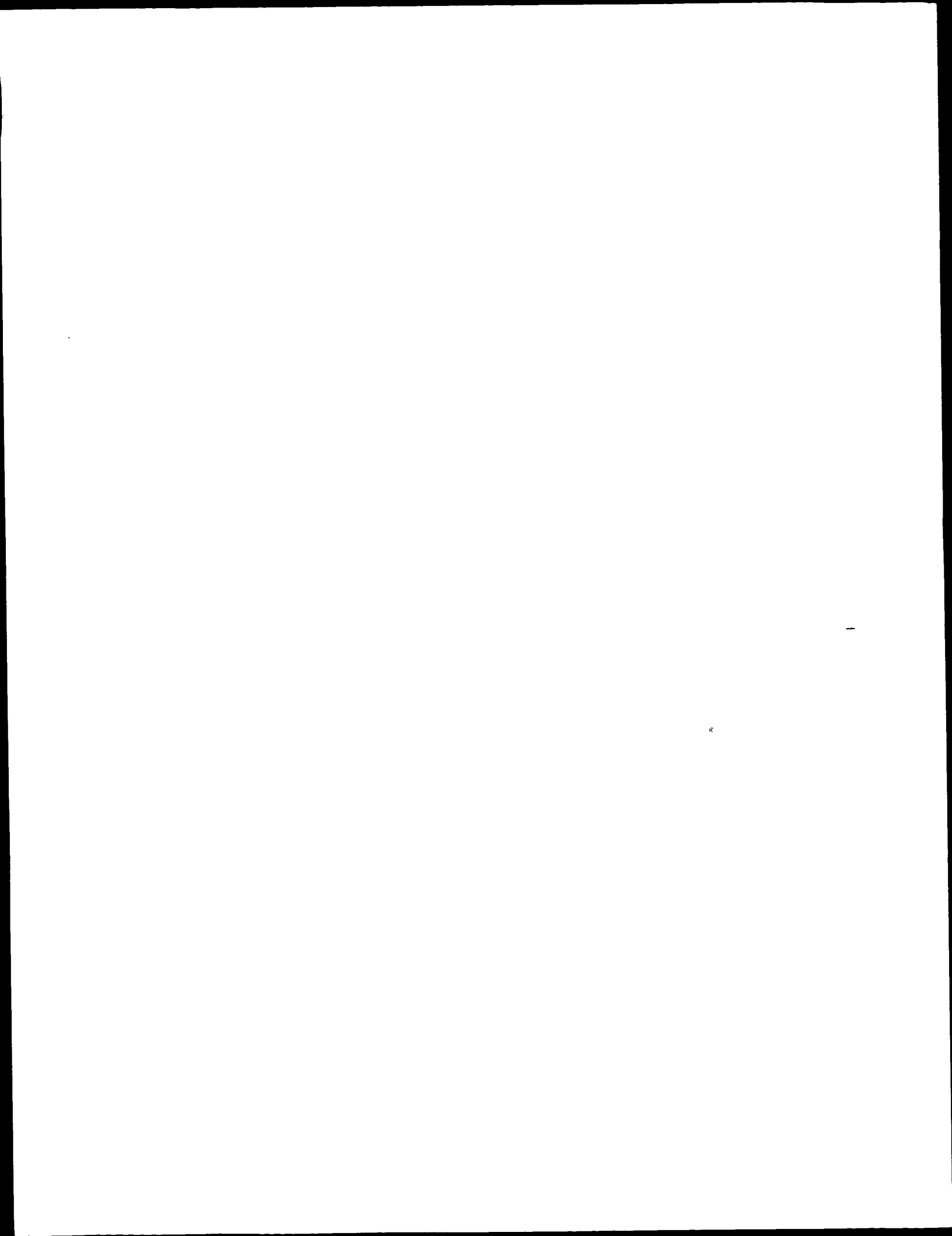
☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer H. Zhou Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---



# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

REC'D 12 NOV 2001

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

67


Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts AI 99/02 PCT	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02890	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 24/08/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 24/08/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK C30B25/02		
Anmelder AIXTRON AG et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 8 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
  - ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 6 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  21/02/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  07.11.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Wiedemann, E  Tel. Nr. +49 89 2399 7542







# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02890

## I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):  
**Beschreibung, Seiten:**

1-16                      ursprüngliche Fassung

### Patentansprüche, Nr.:

1-22                      eingegangen am                      17/10/2001    mit Schreiben vom                      15/10/2001

### Zeichnungen, Blätter:

1,2                      ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
  - ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
  - ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).
3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:
- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
  - ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
  - ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
  - ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
  - ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
  - ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.
4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:



# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02890

- ☐ Beschreibung,      Seiten:  
☐ Ansprüche,      Nr.:  
☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-22
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-22
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-22
	Nein: Ansprüche	

### 2. Unterlagen und Erklärungen siehe Beiblatt

## VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:  
siehe Beiblatt

## VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:  
siehe Beiblatt



### Zu Punkt V

**Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

#### **1) Dokumente**

- D1: US-A-5 788 777 (BURK JR ALBERT A) 4. August 1998 (1998-08-04)  
D2: EP-A-0 748 881 (EBARA CORP) 18. Dezember 1996 (1996-12-18)  
D3: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 02, 31. März 1995 (1995-03-31) & JP 06 310440 A (FUJI ELECTRIC CO LTD), 4. November 1994 (1994-11-04)  
D4: WO 97 31133 A (ABB RESEARCH LTD ;NILSSON ROGER (SE); BERGE RUNE (SE); KORDINA OLL) 28. August 1997 (1997-08-28)  
D5: US-A-5 743 956 (MAYUZUMI MASANORI ET AL) 28. April 1998 (1998-04-28)  
D6: DE 195 22 574 A (AIXTRON GMBH) 18. Januar 1996 (1996-01-18) in der Anmeldung erwähnt  
D7: DE 198 03 423 A (SIEMENS AG) 12. August 1999 (1999-08-12)  
D8: DE 36 08 783 A (TELEFUNKEN ELECTRONIC GMBH) 17. Sept. 1987 (1987-09-17)  
D9: WO 98 42897 A (CREE RESEARCH INC ;KONG HUA SHUANG (US); CARTER CALVIN JR (US); SU) 1. Oktober 1998 (1998-10-01)  
D10: WO 96 23914 A (ABB RESEARCH LTD ;NORDELL NILS (SE); ANDERSSON GUNNAR (SE)) 8. August 1996 (1996-08-08)

#### **2) Änderungen**

Die Änderungen der mit dem Brief vom 15.10.2001 eingereichten Ansprüche 1-22 ist gewährbar, da deren Inhalt nicht über den Gegenstand der Ursprungsanmeldung hinausgeht.

#### **3) Neuheit**

Der Gegenstand der Ansprüche 1-22 wird als neu erachtet, Artikel 33(1) und (2) PCT, aus den folgenden Gründen:

Dokument D1 offenbart eine Vorrichtung für eine epitaxiale SiC-Beschichtung mit Gasein- und Gasauslaß sowie einer Reaktorkammer und einer Heizeinrichtung. Der Substrathalter ist dabei rotierbar um eine zentrale mechanische Achse angebracht und besitzt Gasleitungen, die die Gase zu den Substrattellern leiten und diese mittels "Gas-Foil-



Rotation" ebenfalls rotieren lassen. Die SiC-Abscheidung findet bei 1450-1700°C in einem beheizten Reaktor statt (siehe Spalte 2, Zeile 30 -64; Figuren 1, 4 und 5).

Dokument D2 offenbart eine Vorrichtung für eine Dünnschicht-Gasphasen-Beschichtung mit Gasein- und Gasauslaß sowie einer Reaktorkammer und einer Heizeinrichtung. Der Substrathalter ist dabei rotierbar um eine zentrale mechanische Achse angeordnet. Die Gasphasenabscheidung findet bei ca. 550°C in einem beheizten Reaktor statt (siehe Spalte 3, Figur 1). Die Heizungen sind geregelte Heizelemente, wobei die Reaktorwände, die Gasatmosphäre und das Substrat getrennt kontrolliert und geregelt werden. Wie in Figur 1 zu erkennen wird das Gas erst im Reaktor erhitzt und erreicht somit die Kammer mit einer deutlich geringeren Temperatur.

Dokument D3 offenbart eine Vorrichtung für die epitaxiale SiC-Beschichtung mit Gasein- und Gasauslaß sowie Reaktorkammer und einer Heizeinrichtung. Der Substrathalter ist dabei starr angebracht. Das Substrat wird zur Abscheidung von SiC aus der Gasphase beheizt. Als Prozeßgase sind SiH<sub>4</sub>, GeH<sub>4</sub> und HCl offenbart.

Dokument D4 offenbart einen Substrathalter für Substrate die mit SiC epitaxial beschichtet werden sollen. Der Träger ist starr angebracht und besteht aus mehreren Wänden, mit einem Kanal, die das Substrat aufnehmen können. Die Wände sind mittels Induktionsheizung beheizbar.

Dokument D5 offenbart eine Vorrichtung für eine Dünnschicht-Beschichtung mit Gasein- und Gasauslaß sowie Reaktorkammer und einer Heizeinrichtung. Der Substrathalter ist dabei starr angebracht. Die Heizungen sind entweder Widerstandsheizelemente oder Heizlampen. Bei dieser Technik wird ausschließlich das Gas aufgeheizt, d.h. weder die Reaktorwände noch das Substrat /-teller werden gezielt beheizt. Eine Hilfsheizung kann bei Bedarf das Gas entlang des Gasstromes beheizen.

Dokument D6 offenbart einen Reaktor zur Beschichtung von Wafern, bestehend aus einer Reaktionskammer mit Gasein- und Gasauslaß, einem Substrathalter, der das Substrat parallel zur Gasströmungsrichtung orientiert. Die Halterung orientiert die zu beschichtende Fläche nach unten und besitzt zwei Plätze für Substrate, die schablonenartig vorgefertigt sind.





Dokument D7 offenbart eine hochtemperaturbeständige Beschichtung (zusätzlich nicht ätzbar durch Wasserstoffradikale), die zur Substrathalterbeschichtung eingesetzt wird. Weiterhin ist die Herstellung der Beschichtung für SiC-Epitaxie offenbart, die die Kontaminierung des Substrates während der Beschichtung ausschließt. Dafür wird der Halter mit einer Metallcarbidschicht, insbesondere TaC, MoC, NbC und WC beschichtet (Spalte 2, Zeile 40ff). Diese Beschichtungstechnologie ist direkt anwendbar auch auf Reaktorwände und Gaseinlässe bzw. -auslässe.

Dokument D8 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren für eine Gasphasen-Epitaxiebeschichtung, bestehend aus einer Reaktorkammer mit Gasein- und Gasauslaß sowie einer induktiven Heizeinrichtung. Der Substrathalter ist rotierbar um eine zentrale mechanische Achse, die Substrate, die auf dem Halter in Nischen aufgebracht sind, sind unabhängig davon durch einen Gasstrom schwebend rotierbar gehalten. Da die Heizelemente in der Reaktorkammer untergebracht sind, strömt das Gas deutlich kühler in die Kammer ein (Spalte 2 und 3, Figuren 1 und 2). Offenbart wird das allgemeine Verfahren, es sind weder Substanzen noch Betriebstemperaturen genannt. Aus den wesentlichen Merkmalen läßt sich aber der Betrieb für eine SiC-Beschichtung ableiten.

Dokument D9 offenbart einen starren Substrathalter aus zwei parallelen Oberflächen, wobei das Substrat für die Beschichtung zwischen den parallelen Oberflächen zu liegen kommt.

Dokument D10 offenbart einen Aufbau zur Hitzereflektion während der SiC-Beschichtung mittels CVD. Dabei werden alle Wände des Reaktors mit einer hitzereflektierenden Schicht versehen, die die Hitze der Heizelemente in den Reaktor reflektiert.

Die Kombination der technischen Merkmale eines allseitig beheizten Strömungskanalreaktors und die Kühlung von Prozess- und Trägergasen vor dem Einleiten in diesen Reaktor ist neu und vermeidet die Zerlegung der Prozessgase vor Erreichen des zu beschichtenden Substrates.

#### **4) Erfinderische Tätigkeit**

Der Gegenstand der Ansprüche 1-22 wird als basierend auf einem erfinderischen Schritt



angesehen, Artikel 33(3) PCT.

4.1) Das der vorliegenden Anmeldung zugrunde liegende, technische Problem ist es eine homogene Temperaturverteilung parallel und senkrecht zum Substrat während der Gasabscheidung einzustellen. Dabei ist auf eine geringe Verunreinigung der Beschichtung und auf eine effiziente Nutzung der Prozeßgase zu achten (keine vorzeitige Zerlegung).

4.2) Mit Dokument D1 als nächstem Stand der Technik sind die Grundparameter der Anlage (Reaktor, Halterungen, Substratteller, Rotation, etc.) offenbart (siehe Punkt 3).

Das Problem des Temperaturgradienten senkrecht und parallel zum Substrat ist somit - ausgehend vom Substrathalter /-teller - im Stand der Technik gelöst. Ein verbleibendes Problem ist die effiziente Nutzung von Prozeßgas, welches durch die hohen Temperaturen in der Prozeßkammer zersetzt wird und dadurch nicht nur die Ausbeute verringert sondern durch seine Aggressivität auch Teile des Reaktors korrodiert. Dies wird durch eine aktive Kühlung reduziert. Die gezielte Steuerung des Gaszerfalls geschieht durch getrennte Regel- und Steuereinheiten, die unterschiedliche Heizungstypen regeln um je nach Substrattyp oder -größe einen geringen Temperaturgradienten zu gewährleisten und gleichzeitig eine Art Schockerhitzung über dem Substrat herbeiführen. Gleichzeitig sind viele der beheizbaren Flächen/Stellen auch kühlbar, so daß das Gas vor vorzeitiger Zerlegung geschützt wird, um eine maximale Ausbeute zu erreichen.

#### **5) Industrielle Anwendbarkeit**

Der Gegenstand der Anmeldung ist industriell anwendbar im Bereich der Halbleiterherstellung mittels CVD-Verfahren.

#### **Zu Punkt VII**

##### **Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

Eine objektive Zusammenfassung des Gegenstandes des sehr relevanten Dokuments D1 bezüglich der vorliegenden Erfindung fehlt in der Beschreibung des Anmelders im Gegensatz zu den Bestimmungen der Regel 5.1 a) ii) PCT.



**Zu Punkt VIII**

**Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung**

Einwände unter Artikel 6 PCT:

Der unterstrichene Text des Ausdruckes "SiC- und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$ - ( $x=0-1$ ) Halbleiterschichten oder verwandter Materialien mit großer (elektronischer) Bandlücke und insbesondere hoher Bindungsenergie (wie z.B. AlN, GaN) mittels eines CVD-Verfahrens..." im Wortlaut des Anspruchs 1 sowie der korrespondierende Text im Anspruch 7 läßt sich nicht eindeutig und unmißverständlich einer Gruppe der abzuscheidenden Materialien im Sinne der Erfindung zuordnen und ist somit unklar.

Anspruch 1: Der Wortlaut "...gekennzeichnet, daß das wenigstens eine Substrat.." entbehrt den entsprechenden Bezug zu dem ersten Teil des Anspruchs, da vorher kein Substrat definiert wurde.

Anspruch 1: Der Wortlaut "...vor dem Einleiten gekühlt..." klärt nicht den Sachverhalt, ob eine aktive Kühlung vor dem Einleiten stattfindet.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Abscheiden von SiC- und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$  ( $x=0 - 1$ )  
-Halbleiterschichten oder verwandter Materialien mit großer  
(elektronischer) Bandlücke und insbesondere hoher Bindungsenergie (wie  
z.B. AlN, GaN) mittels eines CVD-Verfahrens, wobei
  - das wenigstens eine Substrat auf eine Temperatur von ca. 1100°C  
bis ca. 1800°C erwärmt wird;
  - das wenigstens eine Substrat in einem aktiv beheizten Strömungs-  
kanalreaktor rotiert;
  - die Beschichtung homo- oder heteroepitaktisch erfolgt;
  - ein oder mehrere Prozess- oder Trägergase kurz vor dem heißen  
Substrat eingeleitet werden;dadurch gekennzeichnet,
  - dass der Strömungskanalreaktor allseitig beheizt ist und
  - dass die Prozess- oder Trägergase vor dem Einleiten auf eine  
Temperatur, die weit unter der Prozesstemperatur liegt, gekühlt werden,  
so dass die vorzeitige Zerlegung von Prozessgasen und/oder eine lokale  
Übersättigung des Gasstromes mit einem Zerlegungsprodukt vermieden  
wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Substrate auf wenigstens einem in oder  
auf einem Substrathalter angeordneten Substrahalterteller angeordnet  
sind, und dass der oder die Substratteller durch „Gas-Foil-Rotation“ rela-  
tiv zu dem Substrathalter angetrieben werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
gekennzeichnet durch die Verwendung von Silan ( $\text{SiH}_4$ ) oder anderer Si-  
haltiger anorganischer und organischer Ausgangsmaterialien, German  
drg/so/ba 15. Oktober 2001





( $\text{GeH}_4$ ) und Propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) oder anderer Kohlenwasserstoffgase als Prozessgase.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass durch die vollständige Zerlegung von Quellgasen vor oder über dem Substrat, bedingt durch das homogene Temperaturprofil des Substrathalters, so dass Wachstumsraten für SiC- und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$  ( $x=0-1$ )-Halbleiterschichten von  $10\mu\text{m/h}$  und mehr erreicht werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass durch geringe Temperaturgradienten senkrecht zum Substrat die Reduktion von Si-Cluster- und -Keimbildung im Gasstrom erreicht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichten bei Prozessdrücken zwischen 10-1000 mbar abgeschieden werden.
7. Vorrichtung zur Herstellung von SiC-Halbleiterschichten und verwandter Materialien mit großer elektronischer Bandlücke und hoher Bindungsenergie mittels eines Gasphase-Aufbringverfahrens und insbesondere eines CVD-Verfahrens, mit:
  - einer Reaktorkammer, die wenigstens einen Gaseinlass für die Reaktionsgase aufweist;
  - einem drehbaren Substrathalter, auf dem das oder die Substrate horizontal (nebeneinander) angeordnet sind;
  - wobei der Gaseinlass kurz vor dem Substrathalter angeordnet ist;
  - einem Gasauslass und

drg/so/ba 15. Oktober 2001



- einer Heizeinrichtung, die den Substrathalter und somit die zu beschichtenden Substrathalteroberflächen gesteuert auf Temperaturen von 1100°C bis 1800°C erwärmt;  
dadurch gekennzeichnet,
  - dass auch der den zu beschichtenden Substratoberflächen gegenüberliegende Wandbereich der Reaktorkammer aktiv auf hohe Temperaturen erwärmbar ist und
  - der Gaseinlass auf eine Temperatur, die weit unter der Prozesstemperatur liegt, kühlbar ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktorkammer rotationssymmetrisch aufgebaut ist und einen zentralen Gaseinlass und einen rotationssymmetrischen Gasauslass aufweist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass die dem Reaktorraum zugewandten Begrenzungswände der Reaktorkammer und der oder die Substratteller bzw. Substrathalter eine geschlossene inerte und bis 1800°C hochtemperaturbeständige sowie durch Wasserstoffradikale nicht ätzbare Beschichtung insbesondere aus TaC, NbC, etc. aufweisen.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,  
gekennzeichnet durch eine Dreheinrichtung zur Rotation des mindestens einen Substrats jeweils auf einem in oder auf einem Substrathalter angeordneten Substratteller mittels „Gas-Foil-Rotation“.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10,

drg/so/ba 15. Oktober 2001



gekennzeichnet durch eine Dreheinrichtung zur Rotation des mindestens einen Substrats jeweils auf einem in oder auf einem Substrathalter angeordneten Substratteller mittels einer mechanisch angetriebenen Achse.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, gekennzeichnet durch mindestens eine Temperatursteuer- bzw. Regelungseinrichtung zur Bereitstellung einer gleichen oder unterschiedlichen Temperatur aller dem Prozessgas zugewandten Begrenzungswände als Oberseite, Unterseite und Seitenwände des damit geschlossenen beheizten Strömungskanals.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beheizung der dem Prozessgas zugewandten Begrenzungswände und insbesondere des Substrathalters eine beliebige Kombination aus Hochfrequenz-, Lampen- und Widerstandsheizungen vorgesehen sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine getrennte Regelung der Temperatur der substratseitigen Begrenzungswand von der gegenüberliegenden Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals durch Einsatz von zwei getrennten Heizkreisen mit jeweils eigener Regelung erfolgt.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Prozessgas zugewandten Begrenzungswände des beheizten Strömungskanals und insbesondere der oder die Substratteller bzw. der Substrathalter, aus einem hochleitenden Material wie Graphit ausgeführt sind.

drg/so/ba 15. Oktober 2001



16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Prozessgas zugewandten Begrenzungswände des beheizten Strömungskanals und insbesondere der oder die Substratteller bzw. der Substrathalter eine geschlossene, inerte, hochtemperaturbeständige (bis ca. 1800°C) und durch Wasserstoffradiation nicht ätzbare Beschichtung aus z.B. TaC, NbC etc. aufweist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kühleinrichtung den Gaseinlass bis kurz vor dem erhitzten Strömungskanal mit einem flüssigen oder gasförmigen Medium aktiv kühlt.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der kühle Gaseinlass durch ein hochisolierendes schmales Adapterstück zum allseits beheizten Strömungskanal hin abdichtet.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal hinter der aktiv beheizten Zone aus Auslasssegmenten besteht, die verschiedene inerte Materialien (z.B. TaC beschichtetes Graphit, SiC beschichtetes Graphit, Quarz etc.) aufweisen.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass im Verhältnis zur Dicke des Substrathalters dünne Platten aus inerten Materialien (z.B. Ta, Mo, W) mit unterschiedlicher elektrischer Leitfähigkeit als der Substrathalter, auf oder in dem Substrathalter eingelegt werden können, um die Hochfrequenzeinkopplung und damit den Energieeintrag lokal zu beeinflussen.

drg/so/ba 15. Oktober 2001





21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet, dass die dem Substrat gegenüberliegende Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals in einem bestimmten Abstand zur substratseitigen Begrenzung des beheizten Strömungskanals fest installiert ist oder mit dieser drehbar verbunden ist.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 21,  
dadurch gekennzeichnet, dass die dem Substrat gegenüberliegende Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals durch ein gasförmiges Medium aktiv kühlbar ist.

drg/so/ba 15. Oktober 2001



Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

10/069031

Applicant's or agent's file reference AI 99/02 PCT	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE00/02890	International filing date (day/month/year) 24 August 2000 (24.08.00)	Priority date (day/month/year) 24 August 1999 (24.08.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC C30B 25/02, 29/36, 25/12, 25/10, 25/14		
Applicant AIXTRON AG		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 8 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 6 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☒ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 21 February 2001 (21.02.01)	Date of completion of this report 07 November 2001 (07.11.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.



## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE00/02890

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.):

- ☒ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-16, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. 1-22, filed with the letter of 15 October 2001 (15.10.2001),  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1,2, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

## 2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE 00/02890

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1 - 22	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1 - 22	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1 - 22	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

#### 1) Documents

- D1: US-A-5 788 777 (BURK JR ALBERT A) 4 August 1998  
(1998-08-04)
- D2: EP-A-0 748 881 (EBARA CORP) 18 December 1996  
(1996-12-18)
- D3: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Vol. 1995, No. 02,  
31 March 1995 (1995-03-31) & JP-A-06 310440 (FUJI  
ELECTRIC CO LTD), 4 November 1994 (1994-11-04)
- D4: WO-A-97/31133 (ABB RESEARCH LTD; NILSSON ROGER (SE);  
BERGE RUNE (SE); KORDINA OLL) 28 August 1997  
(1997-08-28)
- D5: US-A-5 743 956 (MAYUZUMI MASANORI ET AL) 28 April 1998  
(1998-04-28)
- D6: DE-A-195 22 574 (AIXTRON GMBH) 18 January 1996  
(1996-01-18) mentioned in the application
- D7: DE-A-198 03 423 (SIEMENS AG) 12 August 1999  
(1999-08-12)
- D8: DE-A-36 08 783 (TELEFUNKEN ELECTRONIC GMBH)  
17 September 1987 (1987-09-17)
- D9: WO-A-98/42897 (CREE RESEARCH INC; KONG HUA SHUANG  
(US); CARTER CALVIN JR (US); SU) 1 October 1998  
(1998-10-01)
- D10: WO-A-96/23914 (ABB RESEARCH LTD; NORDELL NILS (SE);  
ANDERSSON GUNNAR (SE)) 8 August 1996 (1996-06-08).

.../...





**2) Amendments**

The amendments to Claims 1 - 22 submitted with the letter of 15 October 2001 are allowable, because their substantive matter does not go beyond the disclosure in the international application as filed.

**3) Novelty**

The subjects of Claims 1 - 22 are considered to be novel (PCT Article 33(1) and (2)) for the following reasons:

Document D1 discloses a device for producing epitaxial SiC layers which comprises a gas inlet, a gas outlet, a reactor chamber and a heating device. The substrate support is rotatable about a central mechanical axis and possesses gas passageways which convey the gases to the substrate discs and also set the substrate discs in rotation by gas foil rotation. The deposition of SiC takes place at

1450 - 1700 °C in a heated reactor (see column 2, lines 30 - 64; Figures 1, 4 and 5).

Document D2 discloses a thin-film gas phase deposition device which comprises a gas inlet, a gas outlet, a reactor chamber and a heating device. The substrate support is rotatable about a central mechanical axis. The gas phase deposition of SiC takes place at approximately 550 °C in a heated reactor (see column 3, Figure 1). The heating devices are regulated heating elements; the reactor walls, the gas atmosphere and the substrate are controlled and regulated separately. As shown in Figure 1, the gas is first heated in the reactor and therefore reaches the chamber at a substantially lower temperature.



Document D3 discloses a device for producing epitaxial SiC layers which comprises a gas inlet, a gas outlet, a reactor chamber and a heating device. The substrate support is rigidly mounted. The substrate is heated in order to deposit SiC from the gas phase.  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{GeH}_4$  and HCl are disclosed as the process gases.

Document D4 discloses a substrate support for substrates which are to be epitaxially coated with SiC. The support is rigidly mounted and consists of a plurality of walls with a channel which can accommodate the substrate. The walls can be heated by induction.

Document D5 discloses a device for producing thin films which comprises a gas inlet, a gas outlet, a reactor chamber and a heating device. The substrate support is rigidly mounted. The heating devices are either resistance heating elements or heating lamps. In this technique, only the gas is heated, that is to say, neither the reactor walls nor the substrate or substrate discs are deliberately heated. If necessary, the gas may be heated along the gas flow by auxiliary heating.

Document D6 discloses a reactor for coating wafers which comprises a reactor chamber with a gas inlet and a gas outlet and a substrate support which orients the substrate parallel to the direction of gas flow. The support directs the surface to be coated downwards and possesses two template-type places for substrates.

Document D7 discloses a layer which is resistant to high temperatures (as well as to etching by hydrogen radicals) and which is used for coating substrate supports. Also disclosed is the method of producing the layer by SiC

.../...



(Continuation of V.2)

epitaxy, which eliminates the risk of contamination of the substrate during the coating process. To this end, the support is coated with a metal carbide layer, more particularly TaC, MoC, NbC and WC (column 2, lines 40 ff.). This coating technology is also directly applicable to reactor walls and gas inlets and gas outlets.

Document D8 discloses a device and method for gas-phase epitaxial coating, comprising a reactor chamber with a gas inlet and a gas outlet and an induction heating device. The substrate support is rotatable about a central mechanical axis; the substrates, which are accommodated in recesses in the support, are held in a floating manner, independently thereof, by a gas flow. Since the heating elements are accommodated in the reactor chamber, the gas flowing into the chamber is substantially cooler (columns 2 and 3, Figures 1 and 2). The general method is disclosed; neither substances nor operating temperatures are mentioned. However, the essential features would appear to indicate operation for SiC coating.

Document D9 discloses a rigid substrate support comprising two parallel surfaces, the substrate being positioned between the parallel surfaces for the coating process.

Document D10 discloses a structure for reflecting heat during the SiC coating process by means of CVD. All the reactor walls are coated with a heat-reflecting film which reflects the heat of the heating elements into the reactor.

The combination of the technical features of a flow channel reactor heated on all sides and the cooling of process and carrier gases before they are introduced into this reactor

.../...



(Continuation of V.2)

is novel and prevents the process gases from decomposing before reaching the substrate to be coated.

#### 4) Inventive step

The subjects of Claims 1 - 22 are considered to involve an inventive step (PCT Article 33(3)).

4.1) The technical problem to be solved by the present application is to establish uniform temperature distribution parallel and perpendicular to the substrate during gas deposition, while substantially preventing contamination of the coating and ensuring efficient use of the process gases (no premature decomposition).

4.2) With document D1 as the closest prior art, the basic parameters of the system (reactor, supports, substrate discs, rotation, etc.) are disclosed (see item 3).

The problem of establishing temperature gradients perpendicular and parallel to the substrate is therefore solved in the prior art by means of the substrate support or substrate discs. One problem that subsists is the efficient use of process gas, which is decomposed by the high temperatures in the process chamber and thus not only reduces the yield but also corrodes parts of the reactor as a result of its aggressiveness. This is solved by means of active cooling. Gas decomposition is deliberately controlled by separate regulation and control units which regulate the different types of heating in order to ensure a low temperature gradient dependent upon the type or size of the substrate, while effecting a kind of shock heating over the substrate. At the same time, many of the heatable

.../...



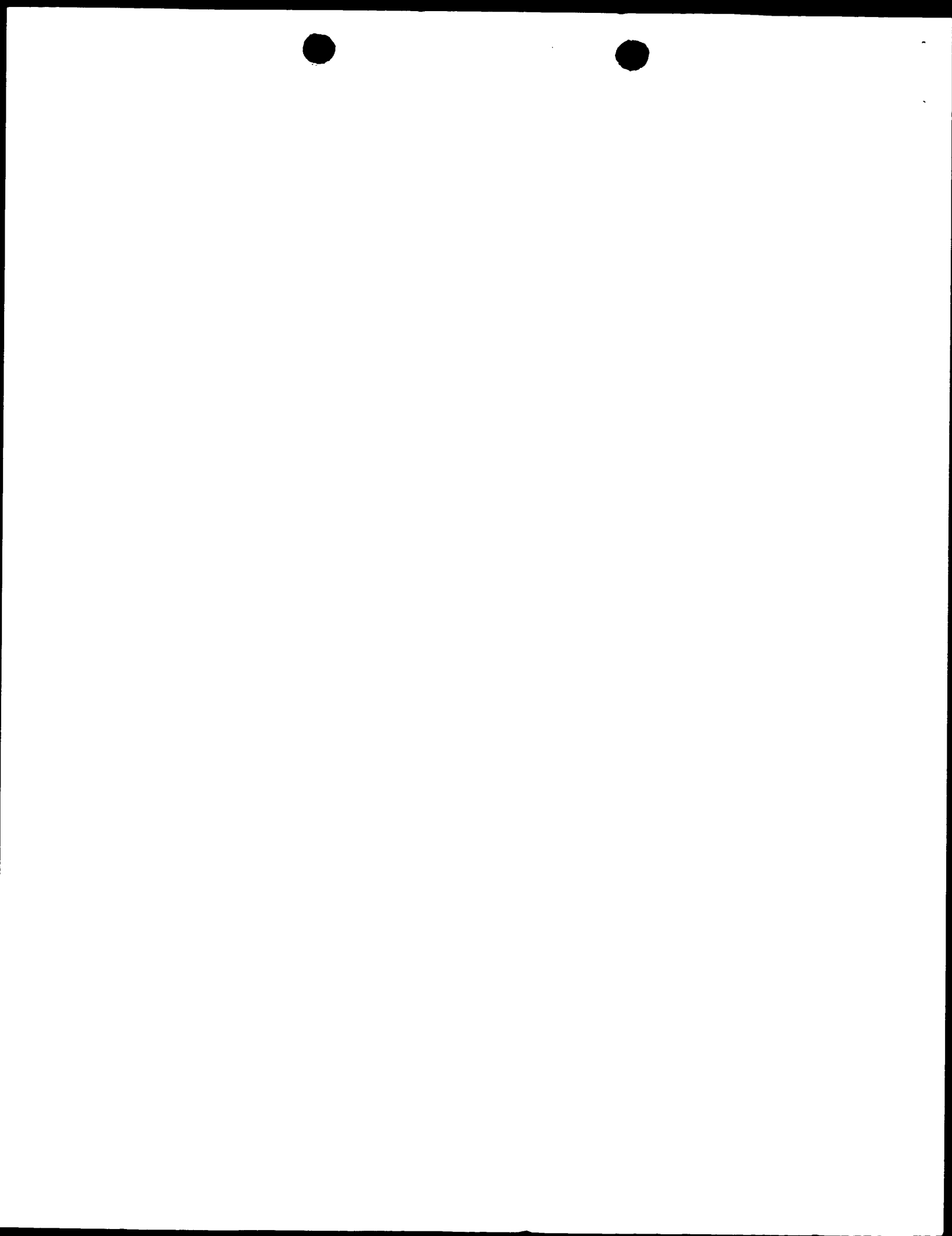


(Continuation of V.2)

surfaces or places can also be cooled, which means that the gas is protected from premature decomposition in order to attain a maximum yield.

**5) Industrial applicability**

The subject matter of the application is industrially applicable in the field of semiconductor production by CVD methods.



INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/DE 00/02890

**VII. Certain defects in the international application**

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

Contrary to PCT Rule 5.1(a)(ii), the applicant's description does not contain an objective summary of the subject matter of document D1, which is very relevant for the present invention.



INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE 00/02890

VIII. Certain observations on the international application

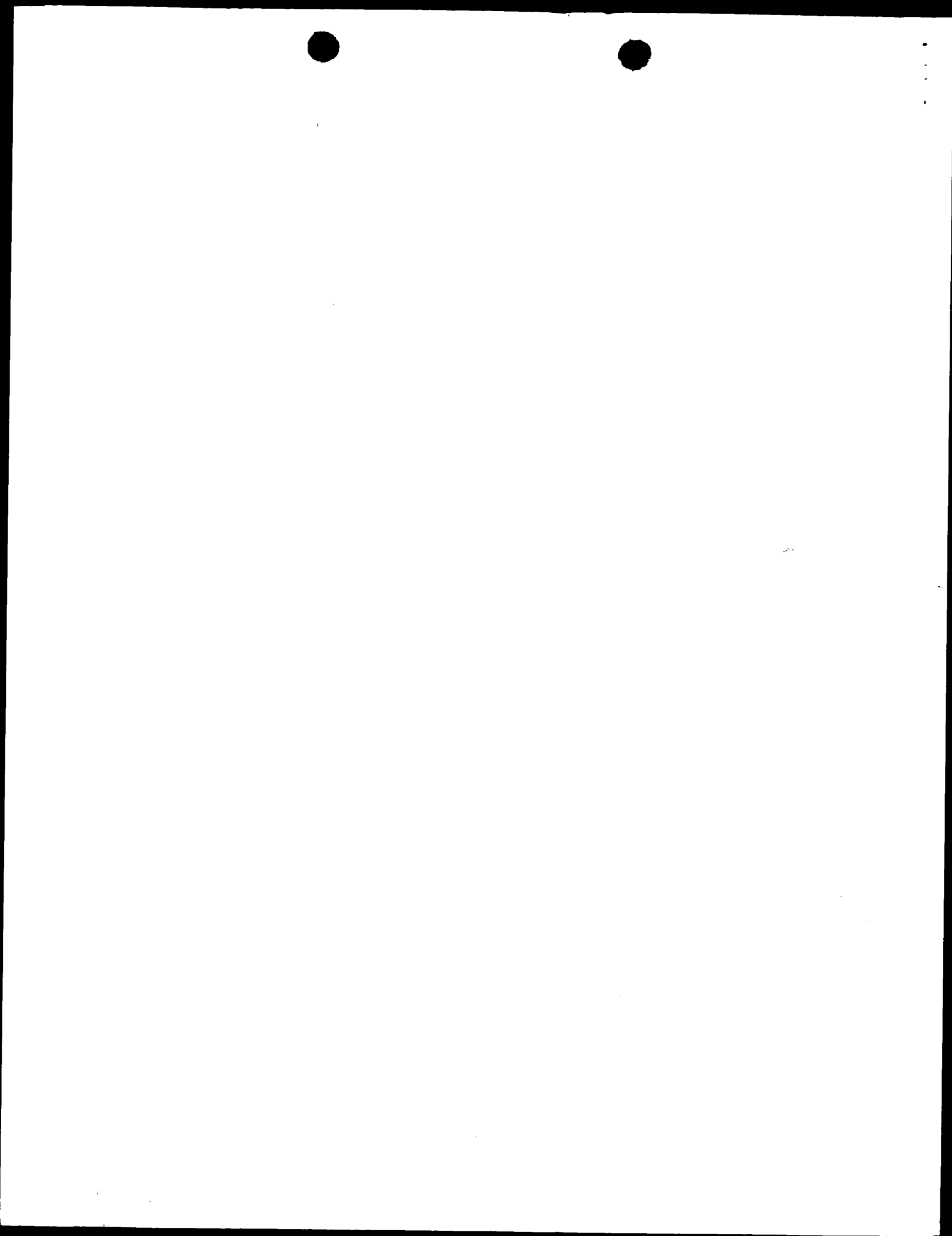
The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

Objections under PCT Article 6:

The underlined text in the expression "SiC and/or SiC<sub>x</sub>Ge<sub>1-x</sub> (x = 0 - 1) semiconductor layers or related materials with large (electronic) energy gap and more particularly with a high binding energy (such as AlN, GaN) ... by means of a CVD method" in the text of Claim 1 and corresponding text in Claim 7 cannot be assigned clearly and unequivocally to a group of the materials to be deposited within the meaning of the invention and is therefore unclear.

Claim 1: The expression "... characterized in that the at least one substrate ..." lacks the corresponding reference to the first part of the claim, because a substrate was not previously defined.

Claim 1: The expression "... cooled before introduction ..." does not clearly specify whether active cooling takes place before the introduction.



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. März 2001 (01.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/14619 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C30B 25/02,  
29/36, 25/12, 25/10, 25/14

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02890

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. August 2000 (24.08.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
199 40 033.4 24. August 1999 (24.08.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): AIXTRON AG [DE/DE]; Kackerstrasse 15-17,  
52072 Aachen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KAEPPELER, Jo-  
hannes [DE/DE]; Zeisigweg 47, 52146 Würselen (DE).  
WISCHMEYER, Frank [DE/DE]; Am Rosenhügel

26, 52072 Aachen (DE). STRAUCH, Gert [DE/DE];  
Schönauer Friede 80, 52072 Aachen (DE). JÜRGENSEN,  
Holger [DE/DE]; Rathausstrasse 43d, 52072 Aachen  
(DE).

(74) Anwalt: MÜNICH, Wilhelm; Münich & Kollegen, Wil-  
helm-Mayr-Strasse 11, D-80689 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE).

Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DEPOSITING MATERIALS WITH A LARGE ELECTRONIC ENERGY GAP AND  
HIGH BINDING ENERGY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ABSCHIEDUNG VON MATERIALIEN MIT GROSSER ELEK-  
TRONISCHER BANDLÜCKE UND GROSSER BINDUNGSENERGIE

(57) Abstract: The invention relates to a method and to a device for depositing SiC and/or SiC<sub>x</sub>Ge<sub>1-x</sub> (X=0-1) semiconductor layers  
or related materials with large (electronic) energy gap and especially with a high binding energy (for example AlN, GaN) by means  
of a CVD method. The inventive method and the corresponding device are characterized in that at least one substrate is heated to  
a temperature of approximately 1100 to approximately 1800 °C, that the at least one substrate is rotated in an all-around actively  
heated flow channel reactor and that the material is deposited by homo- or hetero-epitaxy.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Abscheiden von SiC- und/oder SiC<sub>x</sub>Ge<sub>1-x</sub>  
(x=0-1)- Halbleiterschichten oder verwandter Materialien mit grosser (elektronischer) Bandlücke und insbesondere hoher Bindungs-  
energie (wie z.B. AlN, GaN) mittels eines CVD-Verfahrens. Das erfindungsgemässe Verfahren und die entsprechende Vorrichtung  
zeichnen sich dadurch aus, dass das wenigstens eine Substrat auf eine Temperatur von ca. 1100 bis ca. 1800 °C erwärmt wird, dass  
das wenigstens eine Substrat in einem allseits aktiv beheizten Strömungskanalreaktor rotiert, und dass die Beschichtung homo- oder  
heteroepitaktisch erfolgt.

WO 01/14619 A1





# Verfahren und Vorrichtung zur Abscheidung von Materialien mit großer elektronischer Bandlücke und großer Bindungsenergie

---

## BESCHREIBUNG

### Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abscheidung von SiC- und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$  ( $x=0-1$ )-Halbleiterschichten und verwandter Materialien mit großer elektronischer Bandlücke und großer Bindungsenergie, wie z.B. AlN oder GaN, aus der Gasphase und insbesondere mittels eines CVD-Verfahrens.

### Stand der Technik

Halbleiter mit großer Bandlücke eignen sich aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften besonders für Anwendungen jenseits des Einsatzbereiches von auf Si oder GaAs basierenden elektronischen Halbleiterbauelementen. Die Chemische Gasphasen Epitaxie (CVD) ist das geeignete Verfahren, elektrisch aktive Schichten, wie SiC und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$  ( $x=0-1$ ), für elektronische Bauelemente für Hochtemperatur-, Hochfrequenz- und Hochleistungsanwendungen herzustellen.

Bei vertikalen, Raumladungszonen-gesteuerten Bauelementen, wie z.B. Schottky-Dioden oder pn-Dioden, müssen für typische Leistungsanwendungen Sperrspannungen im Bereich  $U > 10 \text{ kV}$  aufgenommen werden. Es ist deshalb erforderlich, daß die abgeschiedenen epitaktischen Schichten Dicken von bis zu  $100 \mu\text{m}$  aufweisen müssen.

Hohe Leistungen beinhaltet auch die Schaltbarkeit hoher Ströme  $I > 10 \text{ A}$ . Nur großflächige Bauelemente können diese hohen Ströme im Durchlaßbereich führen. Die dadurch stetig steigende Forderung nach Substraten mit einem Minstdurchmesser von 4" (Zoll) erfordert für die Epitaxie eine großflächige, homogene Aufheizbarkeit der Substrate.

Es werden herkömmlicherweise Heißwandreaktoren ohne rotierendem Substrat für das Abscheiden von SiC Schichten auf z.Z. 2" (Zoll) Substraten eingesetzt.

Diese haben den Nachteil, daß die Wachstumsrate über der Lauflänge des Gases stark abnimmt. Um diesen Effekt auszugleichen, variiert man nach dem Stand der Technik die Reaktorhöhe über der Lauflänge, um ein homogenes Wachstum auf dem Wafer zu ermöglichen.

Ein weiterer Nachteil ist das inhomogene Wachstum senkrecht zur Flußrichtung bedingt durch den Einfluß der Wände. An den Wänden findet Wachstum statt und dadurch werden zusätzliche Prozeßgase konsumiert. Weiterhin wirken die Wände sich nachteilig auf das Strömungsprofil im Reaktor aus. Hier ist nach dem Stand der Technik entweder durch die Variation des Prozeßdruckes und/oder des Flusses oder durch die Vergrößerung des Abstandes Wafer zur Wand eine Verbesserung möglich.

Ein weiterer Nachteil ist die Inhomogenität der Dotierung über der Lauflänge und senkrecht zur Lauflänge. In diesem Fall spielen vor allem Temperaturinhomogenitäten eine entscheidende Rolle, die im Falle eines Heißwandreaktors ohne Rotation nur durch großen apparativen Aufwand verbessert werden können.

Aus der EP-A-0 164 928 ist ein vertikaler Heißwandreaktor bekannt, bei dem die Substrate übereinander gestapelt sind. Dies erfordert einen mechanischen Antrieb.

Ein mechanischer Antrieb zur Rotation des oder der Substrate erfordert eine mechanische Durchführung zum heißen Substrathalter. Dies hat den Nachteil, daß die Durchführung zu einer Inhomogenität der Temperatur des Substrathalters führt, daß die mechanischen Elemente, wie z.B. Zahnräder, bei den benötigten Temperaturen von über 1400°C zu Abrieb führen und so einerseits Partikel generiert werden und andererseits Materialien freigesetzt werden, welche zu einer nicht erwünschten Hintergrunddotierung in den abgeschiedenen Schichten führen.

Ein weiterer Nachteil ist die auf dem Graphit des Substrathalters bzw. -trägers aufgebrachte Beschichtung zur gasdichten Versiegelung der Graphitoberfläche. Hier wird gemäß dem Stand der Technik SiC eingesetzt. Die Verwendung von SiC hat den Nachteil, daß die SiC-Beschichtung bei den für den Prozeß benötigten Temperaturen von über 1400°C von reaktiven Wasserstoffradikalen geätzt wird, und somit nur eine kurze Lebensdauer der Graphitteile gewährleistet ist. Weiterhin kann die Rückseite des Substrates durch "Close Space Epitaxy" ungewollt mit SiC von der beschichteten Graphitoberfläche beschichtet werden. Durch den Materialübertrag sind Löcher in der SiC Beschichtung die Folge. Zudem werden durch Poren und Löcher in der SiC-Beschichtung der Graphite Verunreinigungen frei, die sich als Fremdatome elektrisch aktiv in die Halbleiterschicht einbauen und die elektrischen Eigenschaften der Schicht beeinflussen können. Durch Poren und Löcher in der SiC-Beschichtung

der Graphite werden bei den hohen Prozeßtemperaturen Kohlenwasserstoffe freigesetzt, die für die SiC Epitaxie den Anteil an Kohlenstoff in der Gasphase vergrößern und somit die Kontrollierbarkeit des Prozesses beeinträchtigen.

Ergänzend wird zum Stand der Technik auf folgende Druckschriften verwiesen, auf die im übrigen aller hier nicht näher beschriebenen Einzelheiten ausdrücklich Bezug genommen wird: DE 195 22 574 A1, WO 98/42897, WO 99/31306.

#### **Darstellung der Erfindung:**

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit der unter anderem homo- oder heteroepitaktische SiC- und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$  ( $x=0-1$ )- Schichten mit großen Wachstumsraten sehr homogen abgeschieden werden können.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abscheidung von SiC- und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$  ( $x=0-1$ )- Halbleiterschichten und verwandter Materialien mit großer elektronischer Bandlücke und großer Bindungsenergie, wie z.B. AlN oder GaN, aus der Gasphase gelöst, wobei die Abscheidung in einem allseits beheizten Strömungskanalreaktor unter Verwendung eines rotierenden Substrates desselben Materials (Homoepitaxie) oder eines anderen geeigneten Materials (Heteroepitaxie), wie z.B. Silizium, Silicon on Insulator, Saphir, erfolgt.

Der Erfindung liegen ein entsprechendes Verfahren sowie eine entsprechende Vorrichtung zugrunde.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß in einem über dem Substrat geschlossenen, als allseits beheizten Strömungskanal ausgeführten Substrathalter bzw. -träger aus hochtemperaturbeständigen leitenden Material wie Graphit, ein oder mehrere Substrathalter bzw. -teller gedreht werden.

Eine andere Ausführungsform des beheizten Strömungskanals mit rotierenden Substraten ist die Anordnung als Radialflußreaktor. In dieser Ausführung lassen sich vorteilhaft mehrere Wafer gleichzeitig unter gleichen Prozeßbedingungen beschichten. In der als Radialflußreaktor ausgeführten Form strömen die Prozeßgase vom Zentrum durch den temperierten Gaseinlaß nach außen und über die rotierten Substrate in einen Abgassammler auf dem äußeren Umfang des Substrathalters bzw. -trägers. Der Radialflußreaktor besitzt vorteilhaft keine Wände, wodurch die beschriebenen negativen Seitenwandeffekte eines heißen Strömungskanal-Reaktors vermieden werden.

Die Drehung des oder der Substratteller kann vorteilhaft durch Gas-Foil-Rotation durchgeführt werden, wodurch mechanische Abriebe und aufwendige mechanische Lagerungen und Antriebe vermieden werden können.

Mit der Rotation des Substrates erreicht man vorteilhaft den Ausgleich der abnehmenden Wachstumsrate über der Lauflänge und senkrecht zur Lauflänge die Homogenisierung von eventuell vorhandenen Temperaturgradienten im Substrathalter bzw. Substratträger.

Durch die Rotation und insbesondere durch die Rotation mittels Gas-Foil-Rotation werden vorteilhaft ein homogenes Wachstum bzgl. Schichtdicke und Dotierung und eine homogene Temperaturverteilung erreicht. Darüber hinaus kann einerseits eine sehr geringe Partikelgenerierung durch die Verwendung der Gas-Foil-Rotation erreicht werden. Zudem spricht für die Gas-Foil-Rotation, daß das mechanische Drehen bei hohen Temperaturen ohne negative Einflüsse auf Temperaturhomogenität und Lebensdauer der Bauteile bisher nicht gelöste Probleme aufwirft.

Die dem Prozeßgas zugewandten Begrenzungswände insbesondere der Substrathalter und das/oder die rotierenden Substrate können mittels Hochfrequenzheizung, Lampenheizung, Widerstandsheizung oder einer beliebigen Kombination dieser Heizungen auf Temperaturen von bis zu 1800°C erhitzt werden. Dabei können vorteilhaft Temperatursteuerungs- und -regelungseinrichtungen verwendet werden, welche die Begrenzungen mit gleichen oder unterschiedlichen Temperaturen beheizen. Damit können die Prozeßbedingungen sehr spezifisch eingestellt bzw. variiert werden.

Zur Beheizung können insbesondere bei einer Hochfrequenzheizung eine oder mehrere Spulen um den bzw. über und unter dem Suszeptor bzw. Substrathalter angeordnet werden, um die Wärmeübertragung optimal und mit geringen Verlusten und Steuerungs- bzw. Regelungsproblemen zu ermöglichen.

Dabei ist auch eine getrennte Regelung der Temperatur von zwei bzw. jeweils zwei gegenüberliegenden Begrenzungswänden des beheizten Strömungskanals durch Einsatz von zwei getrennten Heizkreisen mit jeweils eigener Regelung möglich.

Insbesondere kann durch eine getrennte Regelung der Temperatur der substratseitigen Begrenzungswand von der gegenüberliegenden Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals durch Einsatz von zwei getrennten Heizkreisen mit jeweils eigener Regelung vorteilhaft der Temperaturgradient senkrecht zum Substrat festgelegt werden. Damit wird vorteilhaft die Reduktion von Si-Cluster- und -Keimbildung im Gasstrom erreicht.

Bei dem Einsatz zweier getrennt geregelter Heizkreise für jeweils die Temperatur der substratseitigen Begrenzungswand und der gegenüberliegenden Begrenzungswand können also die Temperaturen getrennt eingestellt werden. Dadurch lassen sich vorteilhaft konstante Temperaturgradienten zwischen Substrat und der gegenüberliegenden Begrenzungswand des Strömungskanals einstellen.

Die dem Prozessgas zugewandten Begrenzungswände des beheizten Strömungskanals und insbesondere der Substratträger bzw. Substrathalter und der/die Substratteller können insbesondere aus hochleitendem Material ausgeführt sein, um auch dadurch die Homogenität der erzeugten Materialien zu unterstützen bzw. zu verbessern.

Weiterhin werden vorteilhaft die dem Prozessgas zugewandten Begrenzungswände des beheizten Strömungskanals

und insbesondere die Substratteller und Substrathalter mit einer durch Wasserstoffradikale nicht ätzbaren, bei Temperaturen bis 1800°C nicht sublimierenden, auf das Graphit der Substratteller bzw. Substrathalter aufgetragenen Beschichtung, z.B. TaC, so geschützt, daß auch bei hohen Temperaturen und langen Anwendungszeiten die Oberfläche der Beschichtung geschlossen bleibt. Durch die Vermeidung freier Graphitoberflächen wird somit vorteilhaft die Freisetzung von Verunreinigungen aus dem Graphit minimiert. Dadurch lassen sich ungewollte Hintergrunddotierungen auf  $< 5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  begrenzen. Durch die stabile, gasdichte Versiegelung wird die Bildung von zusätzlichen Kohlenwasserstoffen vorteilhaft unterdrückt. Die Kontrollierbarkeit der Zusammensetzung der Gasphase aus Silizium und Kohlenstoff in unmittelbarer Nähe zum Substrat wird somit erhöht.

Es wird vorteilhaft eine Close Space Epitaxy auf der Rückseite des Substrates durch die Verwendung von temperaturbeständigen und gegen Wasserstoffradikalen ätzbeständigen Beschichtungen vermieden. Solche Beschichtungen für den Substratteller aus Graphit können insbesondere aus z.B. TaC bestehen.

Die in den als Strömungskanal ausgeführten Substrathalter bzw. -träger eintretenden Gase werden bis kurz vor Eintritt durch einen aktiv gekühlten Einlaß weit unter Zerlegungstemperatur der Prozeßgase gehalten. Somit wird vorteilhaft die Zerlegung der Prozeßgase so weit wie möglich bis kurz vor dem Substrat verhindert. Eine Abscheidung aus der Gasphase kann somit erst über dem Substrat erfolgen.



Der gekühlte Einlaß und der heiße Substrathalter bzw. -träger werden bevorzugt nur durch ein schmales, stark wärmeisolierendes Segment thermisch getrennt und gegenseitig verbunden. Dies ist eine vorteilhafte - da einfache - Wärmeisolierung.

Diese beiden vorhergehenden Merkmale ermöglichen somit eine hohe Effizienz der abzuscheidenden Prozeßgase, da diese erst kurz vor dem Substrat zerlegt werden. Durch den abrupten Temperaturübergang wird zusätzlich eine preferentielle Verarmung einer Gasspezies in einem Temperaturbereich unterdrückt, was der Kontrollierbarkeit der Komposition der Gasphase in unmittelbarer Nähe zum Substrat dient.

Durch den geringen Temperaturgradienten senkrecht zum Substrathalter bzw. -träger im heißen Strömungskanal erreicht man eine effektive Zerlegung der Quellengase. Der abrupte Temperaturübergang zwischen Gaseinlaß und Substrathalter bzw. -träger und der geringe Temperaturgradient senkrecht zum Substrathalter bzw. -träger reduziert die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Si-Clustern oder Keimbildung in dem Gasstrom. Dadurch erreicht man vorteilhaft eine Maximierung der Wachstumsrate.

In einem solchem Strömungskanal mit integriertem Substrathalter bzw. -träger erreicht man dadurch Wachstumsraten  $>10\mu\text{m/h}$ .

Durch die Ausgestaltung des Strömungskanals hinter dem Substrathalter bzw. -träger mit Auslaßsegmenten aus verschiedenen inerten Materialien werden Reaktionen der ausströmenden Gase vermieden und somit weiterhin die Homogenität der zu erzeugenden Materialien verbessert. Die Prozeßbedingung sind somit reproduzierbar. Unkontrollierbare Einflüsse durch Reaktionen der ausströmenden Gase werden vermieden.

Das Einbringen von dünnen Körpern aus inerten Materialien mit anderen Leitfähigkeiten (z.B. Ta, Mo) als der Substrathalter auf oder in dem Substrathalter dient vorteilhaft der Beeinflussung der Temperaturverteilung in diesem, unabhängig von der Spulenposition.

Bei der anderen Ausführungsform des beheizten Strömungskanals mit rotierenden Substraten als die Anordnung als Radialflußreaktor ist es zudem vorteilhaft, daß die dem Substrat gegenüberliegende Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals in einem bestimmten Abstand zur substratseitigen Begrenzung des beheizten Strömungskanals mit dieser drehbar verbunden ist. Dadurch erfolgt eine verbesserte Rotationsbewegung des mindestens einen Substrats innerhalb des Strömungskanals zur Erreichung einer optimalen Homogenität der erzeugten Halbleiterschichten.

Weiterhin ist es vorteilhaft, daß die dem Substrat gegenüberliegende Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals zur Bereitstellung des erwünschten Temperaturgradienten durch ein gasförmiges Medium aktiv kühl-

bar ist. Damit können die Temperaturgradienten und die Temperaturzeitverläufe vorteilhaft beeinflußt werden.

Da das rotierende Substrat durch einen an einer beliebigen Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals angeordneten Substrathalter positionierbar ist, können vorteilhaft Schwerkrafteffekte gezielt zur Prozeßoptimierung genutzt werden.

Ist der Gasausgang des Substrathalters als Gasverteilerring ausgeführt, können die Gase gleichförmig auf dem Umfang aus dem Strömungskanal abgeleitet werden. Die Ausführung des Gasverteilerringes aus verschiedenen inerten Materialien führt zu einer vorteilhaften Beeinflussung der Temperaturgradienten und Temperaturzeitverläufen. Auch hier wird die Anzahl der beeinflussbaren Prozeßparameter in vorteilhafter Weise erhöht. Reaktionen der austretenden Gase werden damit vermieden.

Das entsprechende erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft durch Verwendung entsprechender Prozeß- und Trägergase, durch eine optimale Temperaturführung in Verbindung mit entsprechenden Drücken so ausgeführt werden, daß Schichten mit großen Wachstumsraten sehr homogen abgeschieden werden. Dabei sollen insbesondere bereits bekannte Abscheidungsverfahren wie CVD-, MOCVD oder MOVPE-Verfahren verbessert werden.

Durch das Einleiten von weit unter Prozeßtemperatur gekühltem Prozeß- und Trägergas kurz vor dem heißen Substrat wird eine vorzeitigen Zerlegung von Quellengasen

und die lokale Übersättigung des Gasstromes mit einem Zerlegungsprodukt vermieden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kommen ausgewählte Prozeß- und Trägergase zur Anwendung, welche die Qualität der erzeugten Halbleiterschichten vorteilhaft beeinflussen.

Es werden insbesondere Dotierungen von  $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  bis  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  erreicht.

Durch die vollständige Zerlegung von Quellengasen vor oder über dem Substrat werden vorteilhaft, bedingt durch das homogene Temperaturprofil des Substrathalters, auch Wachstumsraten für SiC- und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$  ( $x=0-1$ )- Halbleiterschichten von  $10 \text{ } \mu\text{m/h}$  oder mehr erreicht.

Mit bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten geringen Temperaturgradienten senkrecht zum Substrat werden vorteilhaft die Reduktion von Si-Cluster- und -Keimbildung im Gasstrom erreicht.

Es ist vorteilhaft homo- oder heteroepitaktisches Abscheiden möglich.

#### **Kurze Beschreibung der Zeichnung**

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen hinsichtlich der Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten er-

findungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1: eine Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten aus der Gasphase im Querschnitt,

Fig. 2: eine Darstellung des Temperaturverlaufs in Abhängigkeit von dem Ort innerhalb der Vorrichtung gemäß Fig. 1,

Fig. 3: eine Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung in der Ausführung als Radialflußreaktor mit Doppelrotation zum Abscheiden von Schichten aus der Gasphase im Querschnitt,

Fig. 4: eine Darstellung des Temperaturverlaufs in Abhängigkeit von dem Ort innerhalb der Vorrichtung gemäß Fig. 3.

#### **Beschreibung von Ausführungsbeispielen**

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 bezeichnen die Bezugszeichen folgende Elemente<sup>3</sup> eines erfindungsgemäßen Systems bzw. einer erfindungsgemäßen Vorrichtung:

Das Bezugszeichen 1 bezeichnet einen aktiv gekühlten Einlaß. Das Bezugszeichen 2 bezeichnet ein kurzes Isolationssegment aus hochisolierendem temperaturfesten Material (z.B. Graphitschaum) zwischen kaltem Einlaß 1 und dem beheizten Strömungskanal.

Das Bezugszeichen 3a bezeichnet einen Substrathalter bzw. Substratträger mit einem durch Gas-Foil-Rotation rotierenden Substratteller 4, wobei beide aus hochtemperaturbeständigen und leitenden Material (z.B. Graphit) mit einer inerten und auch bei Temperaturen bis 1800°C gegen Wasserstoffradiakale resistenten Beschichtung (z.B. TaC) bestehen. Dem Substrathalter 3a gegenüber liegt eine obere Begrenzung 3b des Strömungskanals zur mit (nicht gezeigten) Seitenwänden erfolgenden Ausbildung eines senkrecht zur Gasflußrichtung geschlossenen Strömungskanals, in dem der Substrathalter 3a integriert ist. Dabei kann der Substrathalter 3a auch an anderen Begrenzungswänden angeordnet werden. Das Bezugszeichen 5 bezeichnet eine oder mehrere Spulen, welche um oder über und unter dem geschlossenen Substrathalter 3a angeordnet sind, um den kompletten Strömungskanal aktiv zu erhitzen. Das Bezugszeichen 6 bezeichnet ein oder mehrere Auslaßsegmente aus verschiedenen Materialien, um die Temperatur zwischen Suszeptor und Gasauslaß kontinuierlich abzusenken. Das Bezugszeichen 8 bezeichnet im Verhältnis zum Substrathalter 3a dünne Platten aus Materialien, welche eine andere elektrische Leitfähigkeit als der Substrathalter 3a haben und inert sind (z.B. Mo, Te), um die Temperaturverteilung unabhängig von der Spulenposition zu beeinflussen.

Fig. 2 zeigt den Temperaturverlauf innerhalb des Systems in Abhängigkeit vom Ort der Prozeßgase in dem System. Dabei ist ersichtlich, daß die Prozeßgase bis zum Einlaß in den erhitzten Strömungskanal gekühlt geführt werden, um dann sehr schnell auf Temperaturen gebracht zu werden, die für eine Pyrolyse der Prozeßgase erforder-

derlich sind. Nach dem Auslaß erfolgt durch die Auslaßsegmente eine kontinuierliche und kontrollierte Abkühlung der Prozeßgase.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes System bzw. eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die als Radialflußreaktor mit Doppelrotation ausgebildet ist. Der Reaktor ist zur der strichpunkttierten Linie links in Fig. 3 symmetrisch ausgebildet, so daß lediglich eine Hälfte dargestellt ist. Auch hier bezeichnet Bezugszeichen 1 einen aktiv gekühlten Einlaß. Das Bezugszeichen 2 bezeichnet ein kurzes Isolationssegment aus hochisolierendem temperaturfesten Material (z.B. Graphitschaum) zwischen kaltem Einlaß 1 und heißem Suszeptor. Das Bezugszeichen 3a bezeichnet einen Substrathalter bzw. Substratträger mit einem durch Gas-Foil-Rotation rotierenden Substratteller 4, wobei beide aus hochtemperaturbeständigen und leitenden Material (z.B. Graphit) mit einer inerten und auch bei Temperaturen bis 1800°C gegen Wasserstoffradiakale resistenten Beschichtung (z.B. TaC) bestehen. Dem Substrathalter 3a gegenüber liegt eine Begrenzung 3b zur mit (nicht gezeigten) Seitenwänden erfolgenden Ausbildung eines senkrecht zur Gasflußrichtung geschlossenen Strömungskanals, in dem der Substrathalter 3a integriert ist. Dabei kann der Substrathalter 3a auch an anderen Begrenzungswänden angeordnet werden. Das Bezugszeichen 5 bezeichnet eine oder mehrere Spulen, welche um oder über und unter dem geschlossenen Substrathalter 3a angeordnet sind, um den kompletten Substrathalter 3a aktiv zu erhitzen. Das Bezugszeichen 6 bezeichnet ein oder mehrere Auslaßsegmente aus verschie-

denen Materialien, um die Temperatur zwischen Suszeptor und Gasauslaß kontinuierlich abzusenken. Das Bezugszeichen 8 bezeichnet im Verhältnis zum Substrathalter bzw. Substratträger 3a dünne Platten aus Materialien, welche eine andere elektrische Leitfähigkeit als der Substrathalter 3a haben und inert sind (z.B. Mo, Ta), um die Temperaturverteilung unabhängig von der Spulenposition zu beeinflussen.

Im Unterschied zum System nach Fig. 1 bezeichnet das Bezugszeichen 7 zusätzlich in der Ausführung als Radialflußreaktor mit Doppelrotation einen Auslaßring, der für eine gleichmäßige Flußaufteilung über den Umfang des Substrathalters sorgt.

Fig. 4 zeigt den Temperaturverlauf für das System in der Ausführung als Radialflußreaktor mit Doppelrotation; dieser Temperaturverlauf entspricht im Prinzip dem Temperaturverlauf nach Fig. 2.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Abscheiden von SiC- und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$  ( $x=0-1$ )-Halbleiterschichten oder verwandter Materialien mit großer (elektronischer) Bandlücke und insbesondere hoher Bindungsenergie (wie z.B. AlN, GaN) mittels eines CVD-Verfahrens, dadurch **gekennzeichnet**, daß das wenigstens eine Substrat auf eine Temperatur von ca. 1100 bis ca. 1800°C erwärmt wird, daß das wenigstens eine Substrat in einem allseits aktiv beheizten Strömungskanalreaktor rotiert, und daß die Beschichtung homo- oder heteroepitaktisch erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet** durch eine gesteuerte bzw. geregelte Beheizung der Wände des Strömungskanalreaktors.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Rotation des mindestens einen Substrats durch eine mechanisch angetriebene Achse und/oder bevorzugt durch „Gas-Foil-Rotation“ erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Substrate auf wenigstens einem in oder auf einem Substrathalter angeordneten Substratteller angeordnet sind, und daß der oder die Substratteller durch „Gas-Foil-

Rotation" relativ zu dem Substrathalter angetrieben werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch **gekennzeichnet**, daß als Reaktor ein Radialflußreaktor mit Doppelrotation verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch **gekennzeichnet**, daß das oder die Prozeß- und Trägergase mit einer Temperatur, die weit unter der Prozeßtemperatur liegt, kurz vor dem heißen Substrat eingeleitet werden, so daß die vorzeitige Zerlegung von Prozeß- bzw. Quellengasen und/oder eine lokale Übersättigung des Gasstromes mit einem Zerlegungsprodukt vermieden wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Gase vor dem Einleiten gekühlt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**gekennzeichnet** durch die Verwendung von  $H_2$ ,  $N_2$ , Edelgasen oder deren Gemische als Trägergas.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**gekennzeichnet** durch die Verwendung von Silan ( $SiH_4$ ) oder anderer Si-haltiger anorganischer und organischer Ausgangsmaterialien, German ( $GeH_4$ ) und Propan ( $C_3H_8$ ) oder anderer Kohlenwasserstoffgase als Prozeßgase.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß dotierte Schichten von  $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  bis  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  hergestellt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß durch die vollständige Zerlegung von Quellengasen vor oder über dem Substrat, bedingt durch das homogene Temperaturprofil des Substrathalters, so daß Wachstumsraten für SiC- und/oder  $\text{SiC}_x\text{Ge}_{1-x}$  ( $x=0-1$ )-Halbleiterschichten von  $10 \text{ } \mu\text{m/h}$  oder mehr erreicht werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, daß durch geringe Temperaturgradienten senkrecht zum Substrat die Reduktion von Si-Cluster- und -Keimbildung im Gasstrom erreicht wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Schichten bei Prozeßdrücken zwischen 10-1000 mbar abgeschieden werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Substrate aus demselben Materials bzw. aus einem anderen geeigneten Material bestehen.
15. Vorrichtung zur Herstellung von SiC-Halbleiterschichten und verwandter Materialien mit großer elektronischer Bandlücke und hoher Bindungsenergie

mittels eines Gasphase-Aufbringverfahrens und insbesondere eines CVD-Verfahrens, mit:

- einer Reaktorkammer, die wenigstens einen Gaseinlaß für die Reaktionsgase aufweist,
- einem drehbaren Substrathalter, auf dem das oder die Substrate horizontal (nebeneinander) angeordnet sind,
- einem Gasauslaß,
- einer Heizeinrichtung, die aktiv sowohl die zu beschichtenden Substratoberflächen auf Temperaturen von 1100 bis 1800°C als auch den diesen gegenüberliegenden Wandbereich der Reaktorkammer gesteuert auf hohe Temperaturen erwärmt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Reaktorkammer rotationssymmetrisch aufgebaut ist und einen zentralen Gaseinlaß und einen rotationssymmetrischen Gasauslaß aufweist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch **gekennzeichnet**, daß die dem Reaktorraum zugewandten Begrenzungswände der Reaktorkammer und der oder die Substratteller bzw. Substrathalter eine geschlossene inerte und bis 1800°C hochtemperaturbeständige sowie durch Wasserstoffradikale nicht ätzbare Beschichtung aufweisen.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Beschichtung aus TaC, NbC, etc. besteht.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Reaktor ein insbesondere symmetrisch aufgebauter Radialflußreaktor mit Doppelrotation ist.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **gekennzeichnet** durch eine Dreheinrichtung zur Rotation des mindestens einen Substrats jeweils auf einem in oder auf einem Substrathalter angeordneten Substratteller mittels „Gas-Foil-Rotation“.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, **gekennzeichnet** durch eine Dreheinrichtung zur Rotation des mindestens einen Substrats jeweils auf einem in oder auf einem Substrathalter angeordneten Substratteller mittels einer mechanisch angetriebenen Achse.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21, **gekennzeichnet** durch mindestens eine Temperatursteuer- bzw. Regelungseinrichtung zur Bereitstellung einer gleichen Temperatur aller dem Prozessgas zugewandten Begrenzungswände als Oberseite, Unterseite und Seitenwände des damit geschlossenen beheizten Strömungskanals.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 22, **gekennzeichnet** durch mindestens eine Temperatursteuer- bzw. Regelungseinrichtung zur Bereitstellung von unterschiedlichen Temperaturen der dem Prozeßgas zugewandten Begrenzungswände als Ober-

seite, Unterseite und Seitenwände des damit geschlossenen beheizten Strömungskanal.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Beheizung der dem Prozeßgas zugewandten Begrenzungswände und insbesondere des Substrathalters eine oder mehrere Hochfrequenzheizungen vorgesehen sind.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Beheizung der dem Prozeßgas zugewandten Begrenzungswände und insbesondere des Substrathalters eine oder mehrere Lampenheizungen vorgesehen sind.
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 25, dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Beheizung der dem Prozeßgas zugewandten Begrenzungswände und insbesondere des Substrathalters eine oder mehrere Widerstandsheizungen vorgesehen sind.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 26, dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Beheizung der dem Prozeßgas zugewandten Begrenzungswände und insbesondere des Substrathalters eine beliebige Kombination aus Hochfrequenz-, Lampen- und Widerstandsheizungen vorgesehen sind.
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 27, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine getrennte Regelung der Temperatur von zwei bzw. jeweils zwei gegenüberliegenden Begrenzungswänden des beheizten

Strömungskanals durch Einsatz von zwei getrennten Heizkreisen mit jeweils eigener Regelung erfolgt.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 27, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine getrennte Regelung der Temperatur der substratseitigen Begrenzungswand von der gegenüberliegenden Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals durch Einsatz von zwei getrennten Heizkreisen mit jeweils eigener Regelung erfolgt.
30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 29, dadurch **gekennzeichnet**, daß die dem Prozeßgas zugewandten Begrenzungswände des beheizten Strömungskanals und insbesondere der oder die Substratteller bzw. der Substrathalter, aus einem hochleitenden Material wie Graphit ausgeführt sind.
31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 30, dadurch **gekennzeichnet**, daß die dem Prozeßgas zugewandten Begrenzungswände des beheizten Strömungskanals und insbesondere der oder die Substratteller bzw. der Substrathalter eine geschlossene, inerte, hochtemperaturbeständige (bis ca. 1800°C) und durch Wasserstoffradikale nicht ätzbare Beschichtung aus z.B. TaC, NbC etc. aufweist.
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 31, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Kühleinrichtung den Gaseinlaß bis kurz vor dem erhitzten Strömungskanal einbaut.

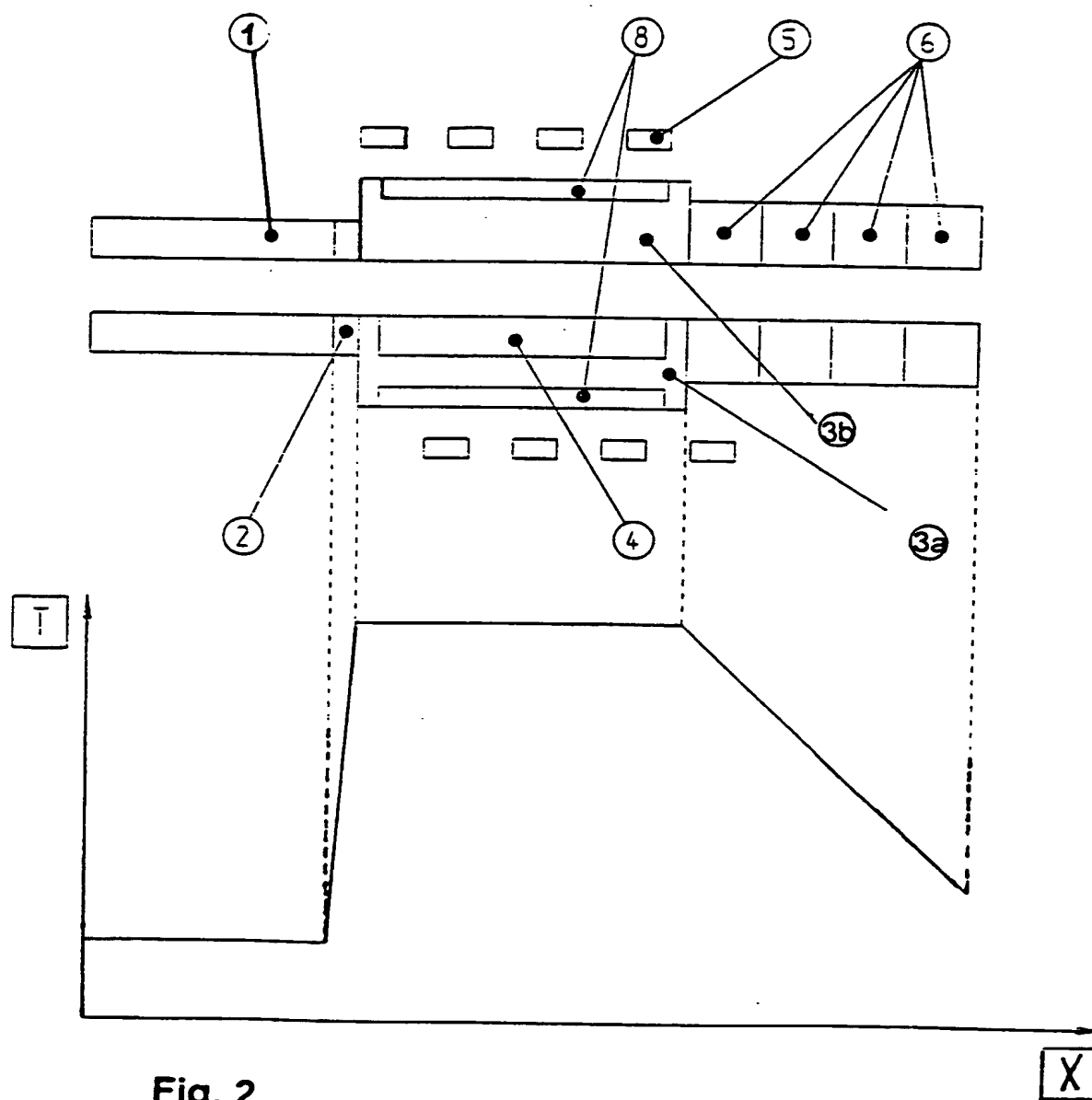
mungskanal durch eine flüssiges oder gasförmiges Medium aktiv kühlt.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 32, dadurch **gekennzeichnet**, daß der kühle Gaseinlaß, durch ein hochisolierendes schmales Adapterstück zum allseits beheizten Strömungskanal hin abdichtet.
34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 33, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Strömungskanal hinter der aktiv beheizten Zone aus Auslaßsegmenten besteht, die verschiedene inerte Materialien (z.B. TaC beschichtetes Graphit, SiC beschichtetes Graphit, Quarz etc.) aufweisen.
35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 34, dadurch **gekennzeichnet**, daß im Verhältnis zur Dicke des Substrathalters dünne Platten aus inerten Materialien (z.B. Ta, Mo, W) mit unterschiedlicher elektrischer Leitfähigkeit als der Substrathalter, auf oder in dem Substrathalter eingelegt werden können, um die Hochfrequenzeinkopplung und damit den Energieeintrag lokal zu beeinflussen.
36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 35, dadurch **gekennzeichnet**, daß die dem Substrat gegenüberliegende Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals in einem bestimmten Abstand zur substratseitigen Begrenzung des beheizten Strömungskanals fest installiert ist oder mit dieser drehbar verbunden ist.

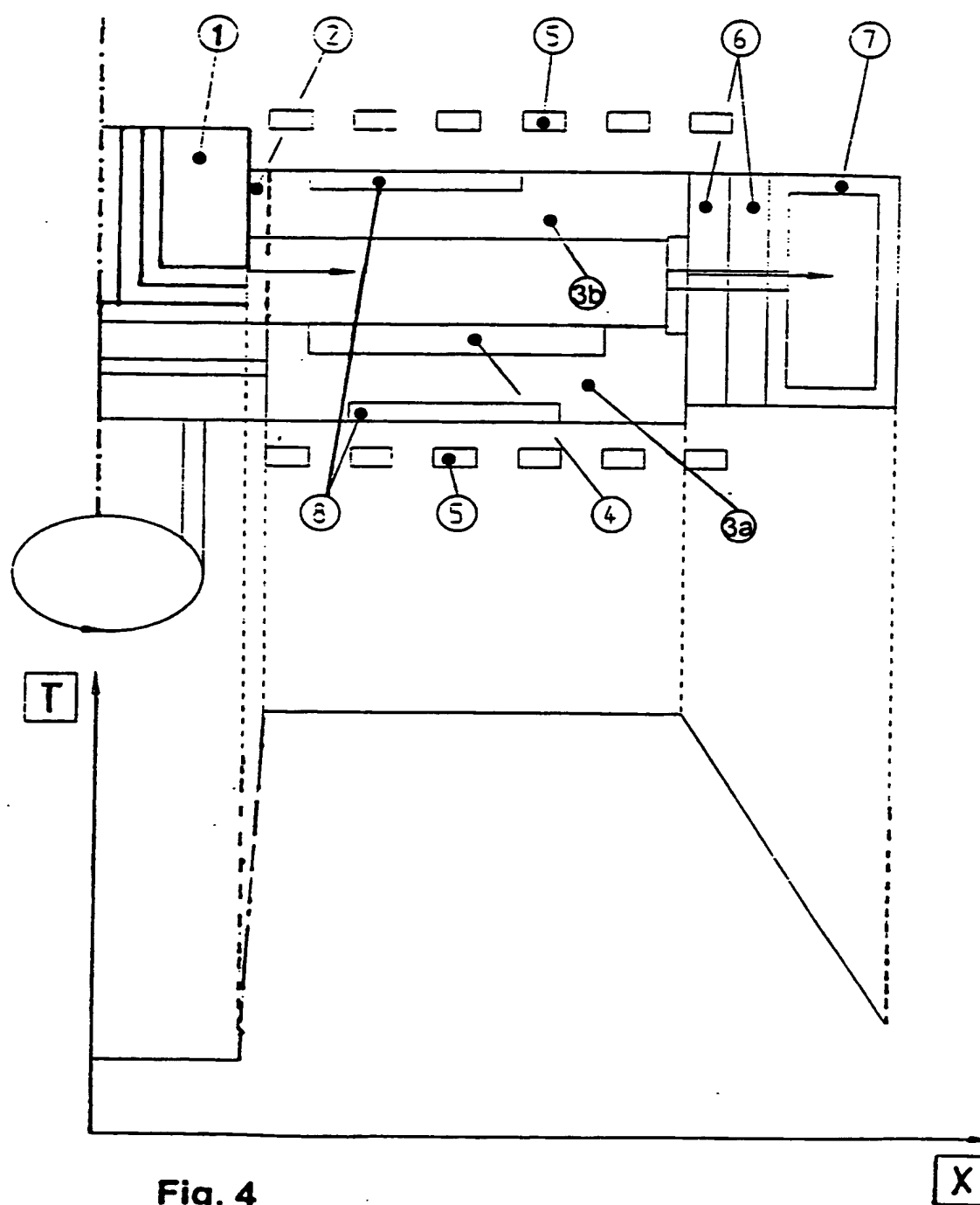


37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 36, dadurch **gekennzeichnet**, daß die dem Substrat gegenüberliegende Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals durch ein gasförmiges Medium aktiv kühlbar ist.
38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 37, dadurch **gekennzeichnet**, daß das rotierende Substrat durch einen an einer beliebigen Begrenzungswand des beheizten Strömungskanals angeordneten Substrathalter positionierbar ist.
39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 38, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Gasausgang des Substrathalters als Gasverteilterring ausgeführt ist.



Fig. 1Fig. 2



**Fig. 3****Fig. 4**



# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06310440  
PUBLICATION DATE : 04-11-94

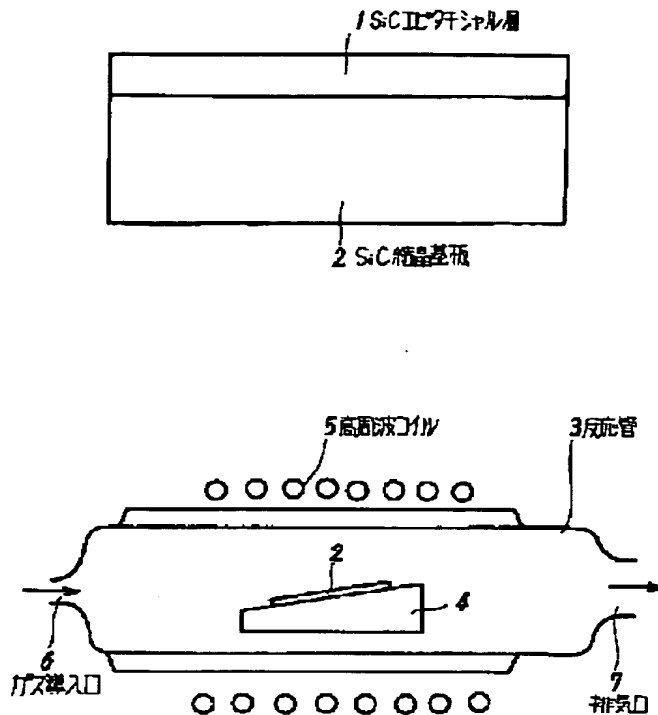
APPLICATION DATE : 26-04-93  
APPLICATION NUMBER : 05098232

APPLICANT : FUJI ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : OGINO SHINJI;

INT.CL. : H01L 21/205 C30B 25/18 C30B 29/36

TITLE : SILICON CARBIDE SEMICONDUCTOR  
AND FILM FORMATION METHOD  
THEREOF



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a high-resistance semiconductor made of silicon carbide(SiC) with fewer crystal defects by carrying out epitaxial growth on a crystalline silicon carbide substrate using a mixture of hydrogen, silicon hydride, carbon hydride and germanium hydride.

CONSTITUTION: A substrate 2 made of silicon carbide(SiC) is put on a susceptor 4, and the susceptor 4 is mounted on a reaction tube 3. The air in the reaction tube 3 is removed into a vacuum state, and HCl gas is supplied to remove an oxide film on an SiC substrate 2. After that, nonosilane, propane and hydrogen gases, and germanium hydride as a raw-material gas for adding a germanium element are supplied from a gas inlet 6, an epitaxial growth step is carried out by heating the SiC substrate 2. A flow rate of germanium hydride is so shifted that an SiC epitaxial layer 1 contains germanium with a concentration of 0.1 to 10atom%. Consequently, an empty hole of the crystal, which functions otherwise as a donor, is filled with a germanium atom, and thereby high-resistance SiC semiconductor can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

